

「行列方式」の研究

鈴木 英雄

- I はじめに
- II 待ち行列の問題
- III 行列とは何か
- IV 行列方式
- V 行列の例，取扱所要時間の実態調査
- VI 取扱所要時間の差の要因
- VII 何故，行列方式が問題となるか
- VIII 個別方式の場合，客の取扱所要時間を予測することのできる要因
- IX 一列方式採用の場合の留意点
- X 一列方式採用の場合の運用留意点
- XI 一列方式と経営
- XII オペレーションズ・リサーチの「待ち行列」からの参考文献

I はじめに

人間は日常生活のなかで行列を行うことが多くある。

例，公衆電話，公衆便所，スーパーのレジ，駅の切符売場，金融機関のATMなど。（第1表参照）

私達は行列に並び予想より早く自分の順番がくることがもあり，反対に長く待たされることも経験している。

ところで行列する場合には公正なルールが大切である。「人より早く来た人が先に用をたせる」「人より遅く来た人は早く来た人よ

り先になってはならない」というルールが守られる必要があろう。また，複数の窓口に行列する場合に並んでいる人数が同じでも，この列は早く進み，この列は遅れるだろうという判断をすることができると思われる。

ここでは，現在行われている行列方式について検討し，どういう場合に「一列方式」を採用した方がよいか，その採用基準，採用の場合の留意点等を述べる。

II 待ち行列の問題

サービスを提供する施設（サービス窓口）

第1表 行列の例

行列システム	客	窓 口	サ ー ビ ス
公 衆 便 所	使用者	便 器	用便
公 衆 電 話	使用者	電 話 器	通話，支払
スーパー・レジスター	購入客	レ ジ ス タ ー	購入品料金計算，支払
駅 の 切 符	購入客	自 販 機	切符販売，支払
金 融 機 関	購入客	カ ウ ン タ ー	切符販売，支払
	利用者	自 動 機	A T M，C D，振込，両替
	利用者	カ ウ ン タ ー	同上，他
病院・診療所	病 人	診 察 室	診察・治療，支払
旅行会社	旅行者	カ ウ ン タ ー	旅行契約，支払
官 庁	利用者	カ ウ ン タ ー	行政事務，支払
飲食店・喫茶店	飲食者	机，椅子，カウンター	飲食，支払
理髪店・美容店	利用者	理髪・美容台	理髪・美容，支払

が多すぎると、施設、人員の遊休を生ずる。これに対し、サービス施設の数が少ないとサービスをうける待ち行列が長くなり待ちによる損失が発生する。

このように待ち行列の問題は、サービスを提供する側とサービスを受ける側との相対立する費用の均衡を図り、最適なサービス窓口の数などを決定することなどである。

Ⅲ 行列とは何か

行列とは販売サービスの窓口が先着順の場合、処理中の客がいる場合に次の客が到着し、次の客に待ち時間が発生することをいう。

参考 サービスが先着順でなく処理されるもの

- ① 予約 ある月日、時刻を事前に予約する。
予約しなければ取扱わない。例 航空機、電車、劇場などの指定券
- ② 抽選 事前に申込を受け申込者が定員をオーバーの場合、抽選で決める。例 公団住宅の入居、講演会など
- ③ 審査 事前に申込を受け一定基準で申込者を審査して決定する。例 学校の入学試験

また、行列を原因となるサービスの性格によって分類すると次のようになる。

- ① 客がなるべく早くサービスを終了しようとするもの。例 公衆便所、スーパーのレジ、駅の切符売場、金融機関の窓口など
- ② 客のサービス利用を楽しむための時間が長くなるもの。例 公衆電話（恋仲の男女の会話）

Ⅳ 行列方式

サービス窓口が単独の場合には、行列方式は先着順に並ぶ方式である。

これに対し、同じ能力、同じ機能をもつ窓口が複数ある場合には二通りの方式がある。

「個別方式」と「一列方式」である。「個別方式」では客がそれぞれの窓口に行列し先着順に処理される。「一列方式」では客の行列を一列とし、一番先に並んでいる客が空いた窓

口へ行き処理される。但し現実には「個別方式」の場合に他の窓口が空けば他の窓口の後ろに並んでいる客は空いた窓口へ移動する。

なお、金融機関で採用されている番号札の発行は「一列方式」と見てよい。客が物理的に一列に並ばないで分散して所在しているのである。

両方式の長所、短所を見ると次のようになる。

個別方式

- ① 客の立場からは自分の順番が早くくると思われる。行列の人員が少ないと考える。
- ② 狭い場所でも容易に並べる。
- ③ 自分より後に来た人が先に取扱われることもあるという不公平がある。

一列方式

- ① 早く来た人が必ず先に取扱われる。客は後ろに並ぶ客の物理的圧迫感がなくなる。
- ② 行列が長くなり客は待ち時間が長いと感じる。
- ③ ロスタイムが若干発生する。（特に窓口数が多い場合には行列の先頭から窓口まで歩いていくのに時間が掛かる）
- ④ 一列方式を知らない客は並んでいる客を無視して先に窓口へ行くこともあり、トラブルが発生する。

Ⅴ 行列の例、取扱所要時間の実態調査

行列方式の例として第2表のようである。

取扱所要時間、標準偏差、変化係数は第3表のようである。

つぎに取扱所要時間は種類により差があり、絶対的ばらつきを示す標準偏差、相対的ばらつきを示す変化係数をみると、公衆電話

第2表 日本の行列方式の例

	個別	一 列
公衆便所	個別	まれに一列
公衆電話	個別	
スーパー・レジ	個別	
駅の切符売場	個別	まれに一列 例 みどりの窓口
金融機関の預金、振込などの自動機	個別	一列

第3表 行列の所要時間、標準偏差の実態調査 (秒)

		平均値	標準偏差	変化係数
公衆便所	男子, 小便	38	6.1	0.16
公衆電話	男子	135	164	1.21
	女子	172	269	1.56
スーパー・レジ		100	24	0.24
J R 切符売場	硬貨, 千円	10.6	4.8	0.45
	120~1590円			
	ボタン方式			
地下鉄	硬貨			
	160円	9.4	2.3	0.24
	ボタン不要			
銀行 ATM	預金の預入	148	127	0.86
	支払, 振込			

はばらつきが大きいのに対し、スーパーのレジ、地下鉄の切符自販機（単機能）はばらつきが少ないことが示される。

注 なお、公衆便所の所要時間について、「小用の場合、日本人の男性は平均31秒7に対して女性は1分33秒フラット」という資料がある。（西岡秀雄「トイレットペーパーの文化誌」論創社 1987年 P78）

VI 取扱所要時間の差の要因

サービスを行う者と受ける者に分けて、所要時間の差の要因を見ると第4表のようになる。

第4表 行列所要時間の差の要因

	サービス者	受ける者
公衆便所		○
公衆電話		○
スーパー・レジ	○	○
駅の切符売場	有人 ○	○
	自動機 ○	○
金融機関 ATM	○	○

例えば、スーパーのレジではレジ能力、扱者の能力の差という要因と、顧客の商品購入量の差という要因の二つからなっている。

これに対し、公衆便所、公衆電話は利用者の個別要因により差が発生する。

VII 何故、行列方式が問題となるか

先に到着した客は先に処理されるという公

平さがある。つぎに「一列方式」は待ち時間の最低が増加し最高が減少し、ばらつきが縮小する。

VIII 個別方式の場合、客の取扱所要時間を

予測することのできる要因

例 公衆電話 客の性別、年齢

スーパーのレジ 買い物かごに入っている商品の数量、バーコードがついている商品の有無

IX 一列方式採用の場合の留意点

まず、現在の行列の実態調査を実施し、取扱所要時間、標準偏差、変化係数を算出する。

- ① 変化係数が大であれば、採用する。その場合にも例えば金融機関のATMの場合、平日は一列方式とし、土、日曜は個別方式を採用するという選択も必要である。（土、日曜は預金払出のみという単一機能であり平日にくらべて変化係数が小である）
- ② 一列方式を採用する場合に店舗改造など設備投資を要するケースがあればコスト計算を行って採否を決める。

X 一列方式採用の場合の運用留意点

- ① 同一機能により「一列」を「二列」とする取扱いも検討する。例 金融機関でATMとCDの行列を分ける。
- ② 顧客への一列方式の説明、誘導
ロープを張り行列への客の割り込みを防止する。採用の最初は係員が客のそばで説明、誘導を行うことも必要である。

XI 一列方式と経営

一列方式の採用に当っては、販売促進方策と結びつけることを検討することが大切である。例えば、飲食店で行列している客に事前メニュー注文を聞いておき、座席に座ってからの待ち時間の減少を計り客の回転率を高めることにより売上高、利益の増加が可能となる。

XII オペレーションズ・リサーチの

「待ち行列」からの参考文献

- ① 大鹿 譲他「オペレーションズ・リサーチ」共立出版 1993 P144

例えば、複数窓口のある切符売場、公共の場所の便所などがある。ただし、サービス待ちの客は1列に並んでいて、空いた窓口へ先頭から順に（先着優先）サービスを受けるルールであることが大切である。わが国の切符売場や便所では、以前は各窓口に別々に行列を作っていたが、現在では全部が1列になる場合が多いようであり、この方が合理的である。

- ② 岡太彬訓他「オペレーションズ・リサーチ」共立出版 1987 P218～219

表9.2からわかるように、客の到着率が3倍になったときに、はじめと同じサービス率の窓口を3個にすると、待たずにサービスできる確率は0.2から0.355へと向上し、待ち行列の平均長さ、待ち行列システムに居る平均時間、平均待ち時間も著しく向上していることがわかる。

客の到着率が3倍になり窓口の数も3倍にすることは、素朴に考えると、当初と全く変わらないように考えられるが、実際には表9.2のように諸指標は著しく向上する。これは、図9.9に示すように、別個にある3つの窓口が別々に行列をつくらせてサービスしている場合（ $\lambda = 8$, $\mu = 10$ で窓口が1個の待ち行列システムが3つある）と、3つの窓口がその前にひとつの行列をつくらせている場合（ $\lambda = 24$, $\mu = 10$ で、窓口が3個の待ち行列システムがひとつある）との違いである。各々の窓口が別個の待ち行列システムを構成している場合には、ひとつのシステムに居る客の数が0になったからといって、他のシステムの窓口の行列に並んでいる客をサービスすることはないのである。しかし、3つの窓口の前にひとつの行列をつくらせている場合であれば、ひとつの窓口の客が出て行けば、待ち行列

で最前部に並んでいる客にその窓口でサービスすることができる。つまり、窓口に客が居ない確率が減少するのである。これが、表9.2に示されている指標の向上の理由である。待ち行列システムに客が居ない確率は窓口が1個の場合には0.2であるが、窓口が3個の場合には0.056である。そのためには、待ち行列システムに居る平均客数は窓口が1個の場合に4であるものが、窓口が3個の場合には4.980となっている。すなわち、客を1カ所へ集めて到着させ、窓口を共通にしてひとつの待ち行列システムとする方が、全く同じ能力の設備を用いても客の方からみて有益になることがわかる。

- ③ 真壁 肇「オペレーションズ・リサーチ」日本規格協会 1980年 P223～224

複数窓口というモデルは、図に示したように待ち行列は1本しかなく、すべての窓口に共通してたものとなっている。窓口はどれも同じサービスを提供することができ、客はどの窓口でサービスを受けてもそれが終わり次第系から退去するし、自分の順番になればどの窓口でもサービスを受け、決して窓口の選り好みをしない、と考えている。このため、(a)のように第2の窓口が空いて暇になったとすると、(b)では待ち行列のあるかぎり、つぎの客がその窓口を占有してサービスを受け始めてしまい、待ち行列があるにもかかわらず、どこかの窓口が暇という状況は起こらないのである。

- ④ 森村英典「応用待ち行列理論」日科技連出版社 1975 P36～37

「 $\lambda / \mu = 0.4$ で窓口の1つのときと客が3倍の割合できて、その代わり窓口を3つにしたときとを比べると、客が待たないでよい確率が、0.60から0.86にふえているから、サービスはずっとよくなったということになる。これは単純な算術的直観とはい

ささか異なる結果で興味深い。もしも同じ業務を行なう窓口を3つ作り、行列はその窓口の前によって作らせ、その間に塀を作って互いに連絡できないようにした場合を考えると、これは窓口1つの場合の待ち行列が独立に3つ、たまたま隣近所にできただけと考えられるから、客が待たないでよい確率は0.60であり、同じ設備の窓口を作りながら、全部の人を1列に並べるときよりも、ずっと能率が悪くなるわけである。

全く同じ内容の説明になるけれども、サービスのよしあしに関する客の感覚はむしろ待ち時間であろうから、平均待ち時間についてその値を調べてみよう。表1.3は平均待ち時間の平均サービス時間に対する割合 μW_q を示している。つまり、平均して、平均サービス時間の何倍を、行列の中で待つことに費やすかという値である。

これをみると、 $\lambda/\mu=0.9$ のとき、窓口が1つならば客は平均して、サービスを受ける時間の9倍(窓口の前で行列に並んで)待っていなければならないことがわかる。このときもし客が3倍きて、窓口3つのときは、2.72だから3倍まで待たなくてよいわけで、待つ身になればはるかに能率がよくなったと感ずるであろう。しかもサービスする側の速度は少しも上げておらず、ただ行列を1列に並ばせたのがサービス向上の唯一の原因なのだからおもしろい。どうしてこういうことが起こるのであろうか。答は簡単である。もし、図I、IIのように、

独立に3列に並ばせたとすると、ある行列は3人以上たまっているのに、他の窓口は暇で係員が遊んでいるという状態がしばしば起こりうるが、共通の行列を作ったときは、そういう事態は決して起こらないからである。ただ現実の問題としては、整理員が必要になったりすることも予想されうるが、そういう場合の注意は必要としても、窓口を共通に使えば能率がよくなるという原則はよく理解しておくことが望ましい。」

⑤ 大村 平「ORのはなし」日科技連出版社 1989年

「この節では窓口が2つ以上の場合について、1列に並んで先頭からの方式を対象にして検討していきます。」(P130)

「もっとも、 ρ がもっと1に近づき行列が長くなるにつれて窓口の多少は行列の長さに影響しなくなってしまう。窓口が遊ぶ確率がほとんどなくなり、いつも目いっぱい働いているので、せっかく1列に並んで先頭から空いた窓口に向かう方式をとっているのに、ひとつひとつの窓口の前に独立した行列を作る場合と変わらなくなってしまうからです。」(P135)

〔私 見〕

これらの論文を見て「一列方式」について顧客の立場からの本格的議論が若干不足しているように思われる。

参考文献

- 「オペレーションズ・リサーチ演習」 培風館 昭和39年
カウフマン・フォール 阿部統他訳 「ORへの招待」 好学社 昭和47年
加瀬 滋 「オペレーションズ・リサーチの手ほどき」 日刊工業新聞 昭和55年
河原 靖 「オペレーションズ・リサーチ入門」 共立出版 '87年
木下栄蔵 「オペレーションズ・リサーチ」 工学図書 平成7年
近藤次郎 「OR入門」 NHKブックス 昭和53年
近藤次郎 「オペレーションズ・リサーチの手法」 文祥堂 '73
近藤次郎 「オペレーションズ・リサーチの手法」 日科技連出版社 '73
近藤次郎 「オペレーションズ・リサーチ入門」 日本科学技術連盟 '69
近藤次郎 「オペレーションズ・リサーチ入門」 日本放送出版会 '78
シーロフ他 「オペレーションズ・リサーチ概論」 日科技連出版社 '72
同 「オペレーションズ・リサーチ入門」 手法と例題 同 '60年
シャンブリン他 「オペレーションズ・リサーチの基礎」 マグロウヒル出版 '79
T. L. サーティアー 山内二郎監訳 「オペレーションズ・リサーチの数学的方法」 上下 紀伊国屋書店 '60年
チャーチマン他 森口繁一監訳 「オペレーションズ・リサーチ入門」 上下 紀伊国屋書店 '60年
刀根 薫 「オペレーションズ・リサーチ」 日本評論社 '91年増補
フォール他 内山 允訳 「オペレーションズ・リサーチ」 白水社 '69
牧野都治 「OR入門」 森北出版 '68
前田活郎 「OR」 朝倉書店 昭和48年
宮川公男 「オペレーションズ・リサーチ」 春秋社 '70
宮川公男 「経営数学入門 改訂版」 実教出版 '93
宮川公男 「OR入門」 日経文庫 昭和44年
宮川公男 「経営数学入門」 実教出版 '93
守谷栄一 「オペレーションズ・リサーチ」 日本理工出版社 '61
守谷栄一他 「経営数学 経営統計とその応用」 日本理工出版社 '92
森村英典他 「応用待ち行列理論」 日科技連出版社 '75
ワグナー 森村英典監訳 「オペレーションズ・リサーチ入門」 培風館 '86